

АЛГОРИТМ ФАЗОЧАСТОТНОЙ ДЕКОНВОЛЮЦИИ

А.Е. Козлов

Томский политехнический университет
aek36@tpu.ru

Введение

При обработке и интерпретации данных сейсмических наблюдений, значительное развитие получили методы деконволюции, направленные на получение геологических разрезов с высокой разрешающей способностью [1-5]. В общем случае деконволюция представляет собой процесс, улучшающий временную разрешающую способность сейсмических данных, сжимая основной сейсмический импульс [6].

С математической точки зрения деконволюция является операцией, основанной на обратной свертке сигналов. Однако в большинстве известных алгоритмов деконволюции используют только информацию об энергетических спектрах сигналов, а фазочастотными характеристиками отраженных волн пренебрегают [7-11].

Таким образом, в ряде случаев применение методов деконволюции не позволяет получать надежные оценки временного положения отражающих границ. Поэтому разработка методов деконволюции, использующих наряду с амплитудными спектрами и фазовые спектры сейсмических сигналов, имеет весьма актуальное значение.

Описание алгоритма

В соответствии с изложенным выше рассмотрим возможность применения для решения задач деконволюции сжатия ранее разработанный алгоритм фазочастотного прослеживания сейсмических волн [12].

В общем случае основная идея методов фазочастотного прослеживания состоит в вычислении мгновенных фазовых спектров участков сейсмотрассы в скользящем вдоль трассы окне анализа и формировании на их основе функции правдоподобия (критерий оценки временного положения сигналов) следующего вида [12]:

$$LnL(t) = \sum_{k=1}^m w(\omega_k) \cos[\varphi(\omega_k, t)], \quad (1)$$

где $w(\omega_k)$ – задаваемая искусственно частотная весовая функция; $\varphi(\omega_k, t)$ – мгновенный фазовый спектр участка трассы, вычисляемый в скользящем окне анализа. В зависимости от вида $w(\omega_k)$ в (1), можно выделить алгоритмы с равновесной обработкой ($w(\omega_k)$ принимается равной единице во всей полосе частот) и алгоритмы с неравновесной обработкой. Для алгоритма с неравновесной обработкой $w(\omega_k)$ может быть задана с помощью треугольной, синусоидальной или иной функции.

Нетрудно показать, что выражение (1) можно рассматривать как результат фильтрации исходного сигнала обратным фильтром, который выравнивает амплитудный спектр сигнала (значения

спектра принимаются равными единице во всем диапазоне частот), что должно приводить к сжатию сигнала. Чтобы убедиться в этом, проведем вычислительный эксперимент.

Результаты вычислительного эксперимента

Примем в качестве исходного сигнала – импульс с «колокольной» огибающей (рис. 1) и сформируем модель сейсмической трассы из трех импульсов, для чего построим единичную последовательность (рис. 2).

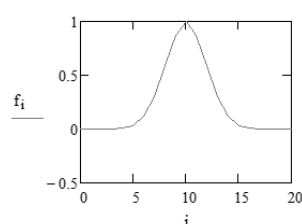


Рис. 1. Импульс с колокольной огибающей

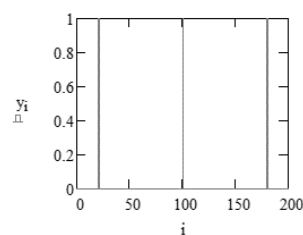


Рис. 2. Единичная последовательность

Как известно математическая модель сейсмической трассы представляет собой свертку импульса с единичной последовательностью. Поэтому для формирования свертки перейдем сначала в спектральную область, где перемножим Фурье – образы импульса и последовательности, а затем выполним обратное преобразование Фурье.

На рис. 3 представлена модель сейсмической трассы.

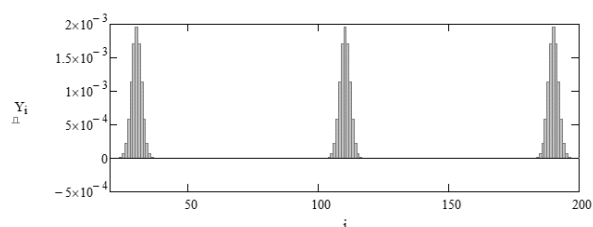


Рис. 3. Модель сейсмической трассы

Для данной модели был проведен расчет мгновенных фазовых спектров, необходимых для формирования выражения (1). Сам процесс вычисления был реализован с помощью

дискретного преобразования Фурье (ДПФ) в скользящем вдоль трассы окне анализа. Длительность окна анализа принималась равной длительности отдельного импульса. Шаг дискретизации по частоте принимался равным одному Гц. На рис. 4 представлена модель сейсмотрассы после фазочастотного прослеживания.

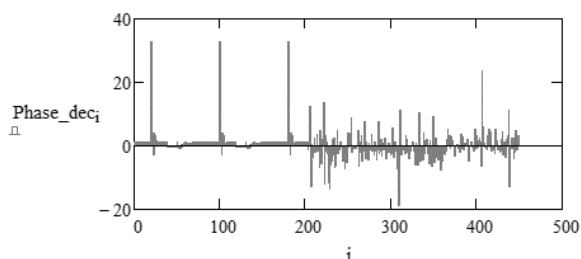


Рис. 4. Модель сейсмотрассы после фазочастотного прослеживания

Из рисунка 4 видно, что применение алгоритма фазочастотного прослеживания позволило существенно сжать импульсы и приблизить их практически к единичным импульсам, что говорит о принципиальной возможности применения алгоритма фазочастотного прослеживания для решения задач деконволюции сжатия. Однако, следует отметить, что в процессе прослеживания возникли высокочастотные помехи (см. рис. 4). Для удаления помех был использован фильтр низких частот, результат применения которого приведен на рис. 5.

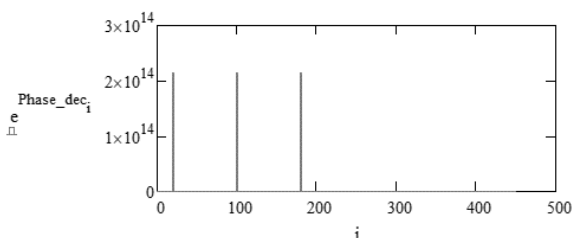


Рис. 5. Модель сейсмической трассы после фазочастотного прослеживания и низкочастотной фильтрации

Как видно из рисунка 5, модель сейсмической трассы содержит три ярко выраженных единичных импульса.

Заключение

Таким образом, проведенные исследования на модели сейсмической трассы показали, что алгоритм фазочастотного прослеживания (выражение 1) может быть использован для решения задачи деконволюции. Однако, для объективной оценки ка-

чества предложенного алгоритма необходимо провести многочисленные эксперименты для различных моделей волнового сейсмического поля.

Список использованных источников

1. Mohamed Mhmod, Feng Xuan, Xu Cong. Parameters effects on spiking deconvolution of land seismic data // *Global Geology*. – 2015. – V. 18 (4). – P. 226–231.
2. Романов В.В. Возможности повышения разрешенности сейсмограмм метода преломленных волн (МПВ) // *Технологии сейсморазведки*. – 2013. – № 4. – С. 67–73.
3. Станкевич Л.С. Обработка сейсмических разрезов методом динамического сжатия // *Геофизика, геофизическое приборостроение*. – 2015. – № 1 (21). – С. 78–85.
4. Митрофанов Г.М. Гомоморфная фильтрация и слепая деконволюция // *Технологии сейсморазведки*. – 2015. – № 1. – С. 46–56.
5. Egbai J.C., Atakpo E., Aigbogun C.O. Predictive deconvolution in seismic data processing in Atala prospect of rivers State, Nigeria // *Advances in Applied Science Research*. – 2012. – V. 3 (1). – P. 520–529. и др.
6. Сильвия М.Т., Робинсон Э.А. Обратная фильтрация геофизических временных рядов при разведке на нефть и газ. – М.: Недра, 1983. – 382 с.
7. Lindberg D.V., More H. Blind Categorical Deconvolution in Two-Level Hidden Markov Models // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. – 2014. – V. 52. – P. 7435–7447.
8. Idan Ram, Israel Cohen. Multichannel Deconvolution of Seismic Signals Using Statistical MCMC Methods // *IEEE Transactions on signal processing*. – 2010. – V. 58. – № 5. – P. 2757–2770.
9. Deconvolution of Seismic Signals in Time and Frequency Domain / Kedarnath Senapati, Aurobinda Routray, Santosh Dhubia, William Kumar Mohanty // *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition processing and Pattern Recognition*. – 2011. – V. 4. – № 1. – P. 29–47.
10. Optimal Seismic Deconvolution: Distributed Algorithms / K.N. Plataniotis, S.K. Katsikas, D.G. Lainiotis, A.N. Venetsanopoulos // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. – 1998. – V. 36. – P. 779–792.
11. Veeken P.C.H., Da Silva M. Seismic inversion methods and some of their constraints // *First break*. – 2004. V.22. P.47–70.
12. Kochegurov A.I., Kochegurova E.A., Kupina N.A. Detection accuracy of the temporary state of complex signals using phase-frequency tracking methods with equilibrium and non-equilibrium processing // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. – 2015. – V. 342. – P. 27–36.